

**VŠB- Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta strojní**  
**Katedra energetiky**

**Využití obnovitelných zdrojů pro ohřev malého bazénu**

**Renewable energy utilization for swimming pool water rating**

Vypracoval:  
Vedoucí bakalářské práce:

Tomáš Vladař  
doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.

Ostrava 2011

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Tomáš Vladař**

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

3907R004 Provoz a řízení v energetice

Téma:

Využití obnovitelných zdrojů pro ohřev malého bazénu  
Renewable Energy Utilization for Swimming Pool Water Heating

Zásady pro vypracování:

Porovnejte dva způsoby ohřevu malého bazénu, který je sezónně využíván, s využitím obnovitelných zdrojů energie (OZE), a to tepelným čerpadlem a solárním systémem.

Práce bude obsahovat:

1. Popis možností využití OZE pro ohřev bazénů a příklady jeho využití.
2. Bilanční a kapacitní výpočty potřeb tepla.
3. Návrh obou systémů pokrytí potřeby tepla a jejich srovnání.
4. Srovnání návrhů z ekonomického a environmentálního hlediska.
5. Grafickou část - Schéma zapojení.

Seznam doporučené odborné literatury:

KAMINSKÝ, J.; VRTEK, M. Obnovitelné zdroje energie. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1998 . 102 s. ISBN 80-7078-445-8.

CIHELKA, J. Solární tepelná technika. Praha: Malina, 1994 . 203 s. ISBN 80-900759-5-9.

TURNER, W., C. Energy Management Handbook. 3. vyd. Lilburn: The Fairmont Press, Inc., 1997. 40 s. ISBN: 0-13-728098-X.

HALAHYJA, M.; VALÁŠEK, J. a kol.. Solárna energia a jej využitie. Bratislava: ALFA, 1983. 304 s.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



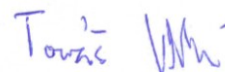
  
prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.  
vedoucí katedry

  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 17.5.2011



Tomáš Vladař

Prohlašuji že,

jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít dle § 35 odst. 3.

Souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Dále souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v systému VŠB-TUO.

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona. Také bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 17.5.2011

Jméno a příjmení autora práce:

Tomáš Vladař

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Srbská 11, Ostrava 700 30

## Anotace bakalářské práce

Využití obnovitelných zdrojů pro ohřev malého bazénu: bakalářská práce. Ostrava: VŠB-TUO, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2011

Bakalářská práce se zabývá využitím obnovitelných zdrojů pro ohřev malého venkovního bazénu. V úvodní teoretické části jsou uvedeny teoretické informace o solárních kolektorech a tepelných čerpadlech. V praktické části se věnuji již řešením této problematiky, tedy propočty tepelných ztrát tepelných bilancí venkovního malého bazénu a následný návrh solárních kolektorů a tepelného čerpadla pro ohřev malého bazénu. V závěru uvádím ekonomické náklady a srovnání obou zmiňovaných alternativních zdrojů.

Bachelor thesis deals with renewable energy utilization for swimming pool water heating. The introductory theoretical section provides theoretical information about solar collector and heat pumps. The practical part is focused solution to this problem, heat loss calculations of heat balance for small outdoor pool and subsequent proposal of solar collectors and heat pump for heating small outdoor pool. In conclusion, I mention the economic costs and compare the two above mentioned alternative source.

## **Obsah:**

1 Úvod .....	8
2 Sluneční energie.....	9
2.1 Popis sluneční energie dopadající na Zemi.....	9
3 Obnovitelné zdroje .....	10
3.1 Historie obnovitelných zdrojů.....	10
3.2 Způsoby a možnosti ohřevu bazénové vody.....	12
3.3 Solární kolektory.....	12
3.4 Typy solárních kolektorů.....	13
3.5 Tepelné čerpadlo.....	18
4 Výpočty tepelné bilance venkovního bazénu a následný návrh zařízení.....	22
4.1 Potřeby tepla pro ohřev vody venkovního bazénu.....	22
4.2 Spotřeba tepla za měsíce.....	22
4.3 Výpočet s nočním zakrýváním bazénu.....	24
4.4 Výpočet a návrh OZE pro dvě uvažované varianty.....	29
4.5 Bazénový solární kolektor RothHelio Pool .....	32
4.6 Tepelné čerpadlo.....	34
5 Srovnání návrhů z ekonomického a environmentálního hlediska.....	36
6 Schémata zapojení.....	37
6.1 Schéma zapojení solárního kolektoru .....	37
6.2 Schéma zapojení tepelného čerpadla.....	38
7 Závěr.....	39
Seznam použité literatury.....	40
Seznam použitých symbolů a zkratk.....	41

## Seznam obrázků

Obr. 2.1	Přeměny energie slunečního záření dopadající na Zemi.....	10
Obr. 3.1	Rozdělení solárních kolektorů.....	14
Obr. 3.2	Bazénové absorbéry jako rohože z materiálu odolného vůči UV záření...14	
Obr. 3.3	Konstrukce plochého atmosférického a plochého vakuového kolektoru...15	
Obr. 3.4	Trubkové jednostěnné vakuových kolektory .....	16
Obr. 3.5	Trubkový dvojstěnný vakuový kolektor na bázi Sydney.....	16
Obr. 3.6	Koncentrační solární kolektory pro aplikace v budovách.....	17
Obr. 3.7	Tepelné čerpadlo voda-vzduch.....	18
Obr. 3.8	Tepelné čerpadlo země-voda.....	19
Obr. 3.9	Tepelné čerpadlo voda-voda.....	19
Obr. 4.1	Mollierův hx diagram .....	25
Obr. 4.2	Bazénový solární kolektor RothHelio Pool.....	32
Obr. 4.3	Bazénové čerpadlo BRILIX THP 100.....	34
Obr. 4.4	Schéma systému bazénového tepelného čerpadla vzduch – voda.....	35

## Seznam tabulek:

Tabulka 4.1-	Součinitel přestupu tepla vypařováním z vodní hladiny.....	24
Tabulka 4.2 -	Výpočet tepelné ztráty z vodní hladiny a spotřeba tepla k úhradě této ztráty ve dne.....	26
Tabulka 4.3 -	Výpočet tepelné ztráty z vodní hladiny a spotřeba tepla k úhradě této ztráty v noci.....	26
Tabulka 4.4 –	Teplo získané absorpcí slunečního záření na vodní hladině.....	27
Tabulka 4.5 -	Účinnost kolektorů a energie zachycená kolektory v okrajových měs. ....	28
Tabulka 4.6-	Poměrná doba slunečního svitu pro některá místa v ČR.....	30

## 1 Úvod

Zvyšování cen energií, tlak na efektivitu výrobních a technologických procesů vede kromě větších nároků na člověka také k vyšším požadavkům na stroje a technologická zařízení. Výjimkou není ani oblast bazénových technologií a zde používaných zařízení jako jsou čerpadla, filtrační jednotky, potrubní rozvody, armatury atd.

Zvyšující se účinnost zařízení chemických a technologických provozů, důslednější sledování a zároveň přesnější regulace kvalitativních parametrů upravované vody nám umožňuje dosahovat stejných a mnohdy i lepších výsledků při potřebě menších energetických a materiálových vkladů do vlastního procesu úpravy bazénové vody.

Spotřeba energie pro technologii bazénů vychází z potřeby udržet bazénovou vodu v dostatečné hygienické kvalitě a teplotě požadované pro daný typ bazénu. Hygienickou kvalitu zajistíme dávkováním vhodných chemikálií, cirkulací vody pomocí oběhových čerpadel a filtrací vody přes filtrační jednotku. Ohřev bazénové vody se volí v závislosti na dostupnosti topného média a velikosti bazénu. Je důležité říct, že náklady spojené s ohřevem bazénu patří mezi nejvyšší v celém provozu a proto je nutné důkladně zvážit, jakým způsobem budeme bazénovou vodu ohřívat a jak vysokou teplotu vody v bazénu budeme požadovat.



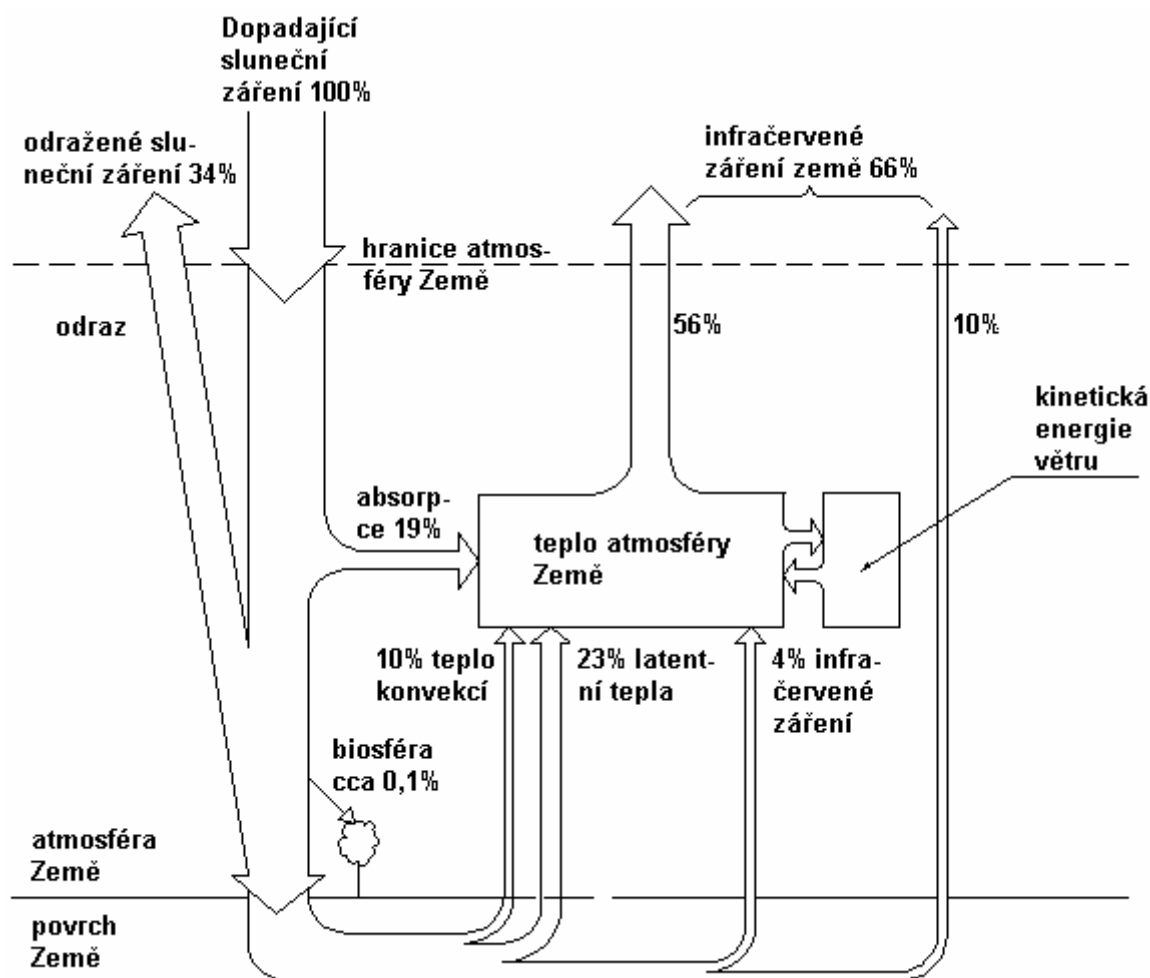
## 2 Sluneční energie

### 2.1 Popis sluneční energie dopadající na Zemi

Energie ze Slunce představuje téměř veškerou energii naší planety. Tato energie má zásadní vliv na živé organismy na Zemi. Řídí všechny přírodní pochody, jako jsou klimatické podmínky, mořské proudy, příliv, odliv, nebo fotosyntéza rostlin a mnoho dalších. Jak na zemi, tak ve vesmíru platí zákon zachování energie, podle kterého se veškerá sluneční energie dopadající na Zemi transformuje na jiné formy energie. Mezi projevy sluneční energie patří také energie fosilních paliv, jako je uhlí, ropa, nebo zemní plyn. Slunce je hvězda nacházející se v samotném centru naší sluneční soustavy. Má tvar koule o průměru 1 400 000 km. Je tedy 109krát větší a 1,3milionkrát objemnější než Země. Vzdálenost Slunce od Země se během roku mění od 147 do 152 miliónů km. Střední hodnota této vzdálenosti určuje tzv. astronomickou jednotku (*astronomical unit* 1 AU = 149 597 870 691 ± 30 m). Světlo urazí tuto vzdálenost za 8 minut a 19 vteřin. Slunce je se svou hmotností 2.1030 kg 320 000krát hmotnější než Země. Je tvořeno žhavými elektricky vodivými plyny, které nazýváme plazma. Ve středu Slunce dosahuje teplota 13 000 000 K. Teplota slunečního povrchu tzv. fotosféry je přibližně 6 000 K.

Intenzita solárního záření je základní veličinou pro všechny výpočty týkající se dopadajícího energetického účinku ze Slunce na povrch Země. Na vrchní část atmosféry dopadá sluneční konstanta  $I_0 = 1360 \text{ W/m}^2$ , která je průchodem jednotlivými vrstvami atmosféry dále zmenšována [8].

Obr. 2.1 Přeměny energie slunečního záření dopadající na Zemi  
 [CIHELKA, J.: *Solární tepelná technika*, 1.vyd., Nakladatelství T. Malina, Praha,  
 1994, 208s., ISBN 80-900759-5-9 str.15]



### 3 Obnovitelné zdroje

#### 3.1 Historie obnovitelných zdrojů

Lidstvo potřebuje pro uspokojování svých potřeb energií a s vývojem civilizace se nároky na množství energie stále zvyšují. Její využívání umožňují technologie, které transformují určité zdroje energie na užitečnější formy energie. U některých energií můžeme hovořit o dlouhé historii, např. u využívání vodní síly, větru a o spalování dřeva nebo trávy, a na

dlouhou minulost můžeme navázat i jejich dlouhou budoucností. Prapůvodcem většiny energie na Zemi je sluneční záření nebo teplo zemského nitra. Energii vytvořenou v přírodě za miliony let se snaží lidstvo zužitkovat během několika staletí. Bohužel, výroba a spotřeba energie jsou velmi často spojeny s ekonomickými, sociálními a environmentálními problémy. Současný progresivní trend v energetické politice prosazuje vyrovnaný „energetický mix“, ve kterém každý druh zdrojů hraje svoji opodstatněnou roli, odvislou zejména od své pozice ve filosofii udržitelného rozvoje, anebo dnes také odvislou zejména od ekonomických ukazatelů. Není snadné a jednoznačné řešení pro vytvoření tohoto mixu, neboť každý zdroj má své výhody i nevýhody. Při současné energetické politice mohou sehrávat čím dál tím větší roli obnovitelné zdroje.

Obnovitelné zdroje jsou v měřítku lidstva dosud nevyčerpané formy energie, jak Slunce, tak i Země. Když se podíváme na historii světové energetiky v posledních desetiletích, můžeme konstatovat, že svět byl donucen ke změně názoru na energetickou politiku šoky nebo krizí na poli energetických zdrojů. Současné rysy začala světová energetická politika získávat po první ropné krizi v 70. letech.

Priority energetické politiky procházely vývojem. Vyšší úroveň energetických technologií vedla k vytvoření širokého úsporného energetického programu. V 80. letech se dostala do popředí environmentální otázka. Energetická politika Evropské unie postavila do popředí otázku snížení závislosti na dovozu energií, z čehož vyplynul, krom jiného, i požadavek na maximální možné využití obnovitelných zdrojů. Ač všechny členské státy podnikly kroky k podpoře obnovitelných zdrojů, výsledek nebyl všude totožný. Proto vznikly další iniciativy, jejichž závěrem je ambiciózní úkol zdvojnásobení příspěvku obnovitelných zdrojů energie do energetické bilance primárních energetických zdrojů. I když se to zdá nadnesené, byla podpora obnovitelných zdrojů v posledních létech jedním z klíčových bodů energetické politiky Evropské unie. Souhlas s touto politikou potvrzuje průzkum provedený statistickým úřadem Evropské Unie Eurostat, ve kterém 90 % občanů Evropské unie považuje za jeden z nejdůležitějších úkolů svých vlád, zvyšování podílu obnovitelných zdrojů energie na bilanci spotřeby energie. Hospodaření s energií a větší využití obnovitelných zdrojů energie jsou dva zásadní problémy.

Úspora energií řeší neznalost a neuváženost v dobách minulých, kdy se vývoj ubíral zhoubnou cestou neomezeného využívání energie. Tuto skutečnost si svět uvědomil před cca 30 léty při první ropné krizi a následně začal podnikat kroky k nápravě chybné politiky. V následujících letech bylo toto úsilí umocněno možným globálním nebezpečím, působení vlivu antropogenních energetických procesů na podnebí planety. Druhým problémem je zatím nedostatečné globální využití obnovitelných zdrojů energie, jehož nárůst by měl

přispět k definování budoucího trendu udržitelného rozvoje lidské společnosti a její potřeby na využití těchto zdrojů.

Využívání obnovitelných zdrojů obecně a výroba elektřiny z nich jsou v České republice v současnosti upraveny ve dvou obecnějších zákonech – v zákoně č. 458/2000 Sb. (energetický zákon) a v zákoně č. 406/2000 Sb. (o hospodaření energií) a v řadě podzákonných norem (vyhlášky, cenová rozhodnutí, usnesení vlády [ 8 ]

### **3.2 Způsoby a možnosti ohřevu bazénové vody**

#### **Druhy ohřevu bazénové vody:**

je-li bazén používán déle než dva měsíce v roce, což je minimální doba pro koupací sezónu v bazénu, je krom zastřešení nutné najít i vhodný způsob přehřívání bazénové vody.

V současnosti se nabízí několik způsobů ohřevu bazénové vody:

Používané druhy ohřevu:

- elektrický ohřev
- tepelná čerpadla
- solární kolektory

Vzhledem k ekonomické náročnosti jsem vyloučil elektrický ohřev a následně se budu zabývat jen dvěma druhy ohřevu, a to solárními kolektory a tepelným čerpadlem [ 6 ].

### **3.3 Solární kolektory**

Jedna z prvních solárních soustav byla instalována v Československé republice již v roce 1976, která je funkční do dnes. U kolektorů se začínalo zasklíváním deskových radiátorů, druhá cesta, která trvá prakticky dodnes a nejspíš nikdy neskončí, je vývoj nových typů kolektorů.

Od obyčejných deskových a lineárních Fresnelových čoček se vývoj rozšířil na koncentrační, deskové vakuové, trubicové vakuové průtočné, trubicové vakuové s tepelnou trubicí atd. V prvních začátcích se dokonce zkoušeli místo skla polyethylenové folie, které se však teplem absorberů pronášely a ničily, proto se vymyslela varianta, kdy se „králičí“ šestihranné pletivo zastavilo s obou stran do folie a zajišťovalo rovinu folie za každé

situace, dokonce je ještě v paměti název této folie flexipane.

Rámy kolektorů byly kovové, dřevěné, i z desek PVC. Velmi brzy se zjistilo tvrzení, že kdo umí vyrobit sluneční kolektor, umí využívat sluneční energii není pravdivé.

Aby byl začátek ještě komplikovanější, neexistovala a nebyla vyvinuta nemrznoucí kapalina a soustavy pracovaly s vodou pouze v letním provozu od jara do podzimu. Později vyvinuté nemrznoucí kapaliny byly částečně toxické a hygienici tento problém vyřešili velmi jednoduše: v ohřivači TUV musel být vždy tlak vody z venkovního vodovodu vyšší a v primárním kolektorovém okruhu nižší.

Principem funkce solárních kolektorů je pohlcování slunečních paprsků. Vychází se zde ze znalosti, že černá barva pohlcuje lépe než bílá a tento základní princip je ve slunečním kolektoru využit, respektive doveden k dokonalosti.

Nejjednodušší kolektory jsou tzv. bazénové kolektory, obrázek č. 12. Jsou dosti podobné naskládané zahradní hadici, bývají totiž vyrobeny z vedle sebe ležících černých plastových trubek nebo rohoží. Na podobném principu pracuje i standardní solární kolektor, ten nepoužívá jako absorbér jen hadičky nebo načerno natřené trubky, ale černě natřenou kovovou desku. Ta je protékána teplotonosným médiem (kapalinou nebo vzduchem). Tento absorbér se nachází v ploché skříni s dobře izolovanými stěnami, dnem a je ve směru ke slunci uzavřen transparentním krytem. Na jeho povrchu se solární záření, a to jak přímé, tak i difusní mění na teplo. Povrch má mít schopnost, dopadající záření pokud možno úplně přeměnit na teplo, a přitom z něj minimum vyzářit zpět. V absorbéru, nebo na něm, jsou umístěny trubky, těmi protéká teplotonosná kapalina (nejčastěji voda, nebo směs vody s přípravkem zajišťujícím mrazuvzdornost).

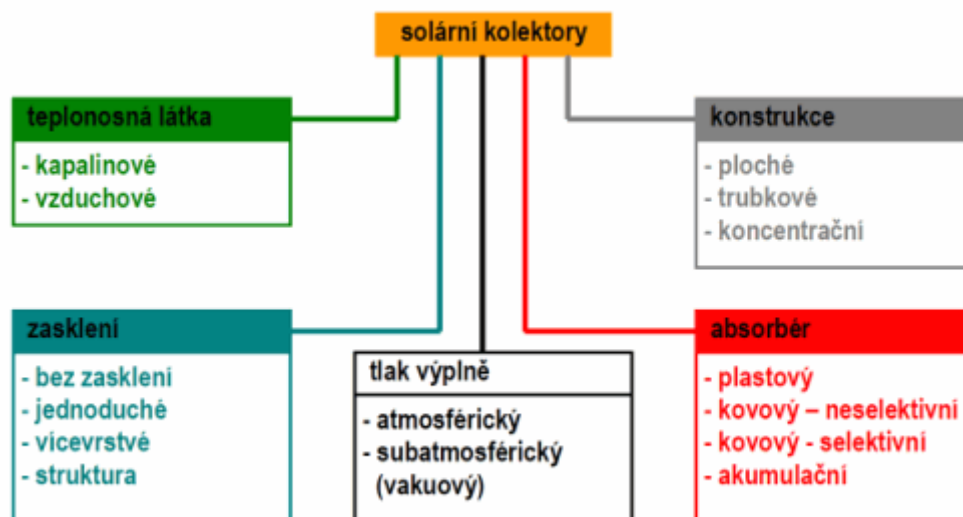
Aby přenašeč tepla toto teplo z absorbéru dobře odváděl, musí být absorbér i trubky vyrobeny z materiálu s dobrou tepelnou vodivostí. Jako materiálu k výrobě jsou používány hliník nebo měď, které jsou s trubkami, respektive kanálky sletovány, svařeny nebo do sebe zalisovány.

### **3.4 Typy solárních kolektorů**

Solární kolektory, ve kterých je používána kapalina jako teplotonosná látka (voda, nemrznoucí směs vody a propylenglykolu), se využívají pro naprostou většinu aplikací v budovách. Solární vzduchové kolektory jsou v ČR využívány pouze okrajově pro předehřev čerstvého vzduchu pro větrání nebo oběhového vzduchu pro cirkulační vytápění (teplotovzdušné, sálavé).

Solární kapalinové kolektory lze dále rozdělit podle řady hledisek. Z uvedeného rozdělení vyplývají tyto konstrukční kombinace, se kterými je možné se v praxi setkat:

Obr. 3.1 - Rozdělení solárních kolektorů [<http://www.tzb-info.cz>]



Plochý nekrytý kolektor - zpravidla plastová rohož bez zasklení s vysokými tepelnými ztrátami závislými na venkovních podmínkách, zvláště na rychlosti proudění větru, nekryté kolektory jsou proto určeny hlavně pro sezónní ohřev bazénové vody o nízké teplotní úrovni.

Obr. 3.2 - Bazénové absorbéry jako rohože [<http://www.thermosolar.sk>]



Plochý neselektivní kolektor - zasklený deskový kolektor s kovovým absorbérem se spektrálně neselektivním povlakem (např. černým pohltivým nátěrem); neselektivní kolektory mohou být vzhledem ke značným tepelným ztrátám vlivem sálání absorbéru v zimním období využity pouze pro sezónní přehřev vody při nízké teplotní úrovni; na trhu se v současné době příliš nevyskytují.

Plochý selektivní kolektor - zasklený deskový kolektor s kovovým absorbérem se spektrálně selektivním povlakem a s tepelnou izolací na boční a zadní straně kolektorové skříně; vzhledem k výrazně sníženým tepelným ztrátám sáláním absorbéru se ploché selektivní kolektory využívají pro solární ohřev vody a vytápění celoročně a tvoří naprostou většinu zasklených kolektorů na trhu.

Plochý vakuový kolektor - zasklený deskový kolektor v těsném provedení s kovovým absorbérem se spektrálně selektivním povlakem a tlakem uvnitř kolektoru nižším než atmosférický tlak v okolí kolektoru (absolutní tlak cca 1 až 10 kPa) pro zajištění nízké celkové tepelné ztráty; ploché vakuové kolektory jsou určeny pro celoroční solární ohřev vody a vytápění, případně průmyslové aplikace s provozními teplotami okolo 100 °C.

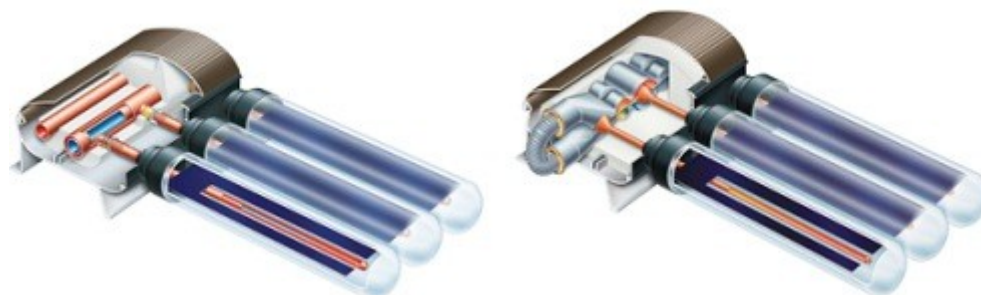
Obr. 3.3 - Konstrukce plochého atmosférického a plochého vakuového kolektoru, [<http://www.thermosolar.sk> ]



Trubkový jednostěnný vakuový kolektor - kolektor s plochým spektrálně selektivním absorbérem umístěným ve vakuované skleněné trubce (absolutní tlak  $< 10^{-3}$  Pa); výrazné omezení tepelných ztrát (nízkoemisivní absorbér, vakuová izolace) a vysoký přenos tepla z absorbéru do teplotnosné kapaliny svařovaným spojem poskytuje vysokou účinnost kolektoru v celém teplotním rozsahu, kolektor je použitelný pro většinu aplikací, avšak vzhledem k relativně vysoké ceně především pro kombinované soustavy pro vytápění či průmyslové vysokoteplotní aplikace (provozní teploty nad 100 °C).

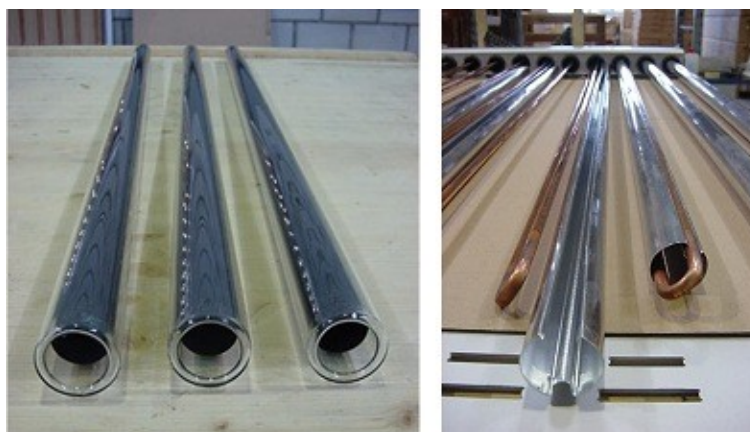


Obr. 3.4 - Trubkové jednostěnné vakuových kolektory s přímo protékáním koncentrickým potrubím (vlevo), s tepelnou trubicí (vpravo), [<http://www.viessmann.cz>]



Trubkový dvojitěnný (Sydney) vakuový kolektor - kolektor s válcovým spektrálně selektivním absorberem (absorpční skleněná trubka) umístěným ve vakuované skleněné trubce (absolutní tlak  $< 10^{-3}$  Pa); vzhledem k problematickému zajištění přenosu tepla z absorpční trubky do teplosnosné kapaliny pomocí hliníkové teplosměnné lamely se Sydney kolektory vyznačují obecně nižší účinností při nízkých teplotách (např. oproti plochým kolektorům) a používají se především pro kombinované soustavy pro vytápění či průmyslové vysokoteplotní aplikace (provozní teploty nad 100 °C).

Obr. 3.5 - Trubkový dvojitěnný vakuový kolektor na bázi Sydney trubek s teplo směnnou lamelou,  
[[http://solab.fs.cvut.cz/Podklady/Vykurovanie\\_2008\\_matuska.pdf](http://solab.fs.cvut.cz/Podklady/Vykurovanie_2008_matuska.pdf)]



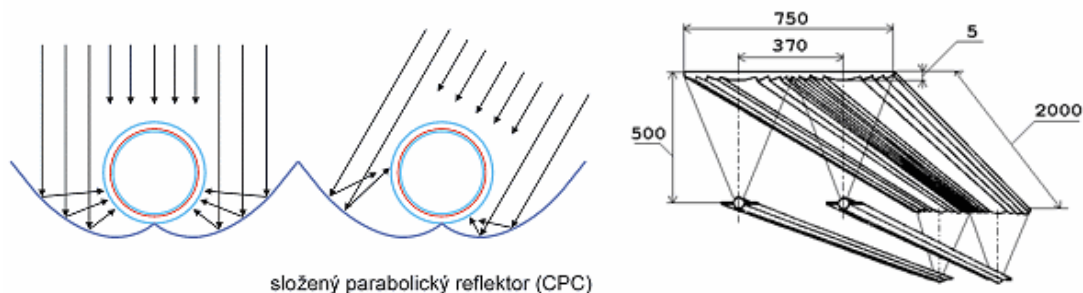
Soustředující (koncentrační) kolektor - obecně kolektor, ve kterém jsou použita zrcadla (reflektory), čočky (refraktory) nebo další optické prvky k usměrnění a soustředění přímého slunečního záření, procházejícího aperturou kolektoru, do ohniska (absorbéru) o výrazně menší ploše než je vlastní plocha apertury. Ploché kolektory vybavené vnějším zrcadlem nebo kolektory s vakuovanými Sydney trubkami opatřené reflektorem jsou



rovněž považovány za soustředující kolektory. Pro účinné použití koncentračních kolektorů je základní podmínkou dostatek energie přímého slunečního záření během roku.

Obr. 3.6 - Koncentrační solární kolektory pro aplikace v budovách: trubkový Sydney kolektor s reflektorem (vlevo), solární kolektor s lineární Fresnellovou čočkou (vpravo)

[<<http://www.tzb-info.cz>>]



Nejčastějšími typy kolektorů, se kterými je možné se na trhu v ČR setkat jsou bazénové nekryté absorbéry (40 až 50 tis. m<sup>2</sup> v roce 2008), ploché atmosférické selektivní kolektory (26,5 tis. m<sup>2</sup> v roce 2008) a trubkové vakuové kolektory, často také nazývané trubicové (8,5 tis. m<sup>2</sup> v roce 2008). Koncentrační kolektory tvoří zatím na českém trhu zanedbatelný podíl.

### Výhody využití solárního záření

- nevyčerpatelný zdroj energie
- ekologicky čistá energie
- energie je dostupná všude a je zdarma
- šetří fosilní paliva, která znečišťují ovzduší
- nahrazuje až 50 % energie potřebné na vytápění a až 70 % na ohřev TUV
- vysoká životnost instalovaného zařízení (cca 30 let) a nenáročná údržba
- nízké provozní náklady
- solární zařízení je bezpečné, bezhlučné a dá se instalovat téměř kamkoli
- státní dotace na vybudování solárních systémů

## **Nevýhody využití solárního zařízení**

- intenzita slunečního záření a doba slunečního svitu během roku kolísá, proto je nutné používat také doplňkový zdroj energie, který nahradí solární systém v době nedostupnosti slunečního záření
- malá plošná hustota slunečního záření
- vysoké počáteční investiční náklady
- instalace solárních systémů vyžaduje dobrou izolaci objektu a úpravu topné soustavy
- solární systémy větších výkonů potřebují větší zástavnou plochu [ 8 ]

## **3.5 Tepelné čerpadlo**

### **Princip**

Tepelné čerpadlo je zařízení, které se používá k ohřevu či přehřevu topné vody, k ohřevu vody v bazénu, k přípravě teplé vody, k teplovzdušnému vytápění, atd. tepelné čerpadlo využívá nízko potenciální teplo z vnějšího prostředí (z nízkoteplotního zdroje). Teplo je odebíráno z okolního prostředí pracovní látkou (vzduch, voda, glykol, solanka, atd.) a je přenášeno do výparníku. Tam je teplo odnímáno pracovní látce pomocí chladiva. Zahřátím kapalného chladiva dochází k jeho vypařování. Páry chladiva jsou odsávány a současně stlačovány v kompresoru. Tímto procesem se ještě zvýší jejich teplota. Páry jsou dále odváděny do kondenzátoru, kde předají teplo ohřívané látce, zchladí se a změní své skupenství na kapalné. Kapalné chladivo je zpět přiváděno přes expanzní ventil do výparníku. Celý cyklus se opakuje.

### **Tepelné čerpadlo vzduch - voda**

Teplo obsažené ve vzduchu se využívá přímo. Výparníkem tepelného čerpadla přímo proudí venkovní vzduch. viz. obr. č. 3.7

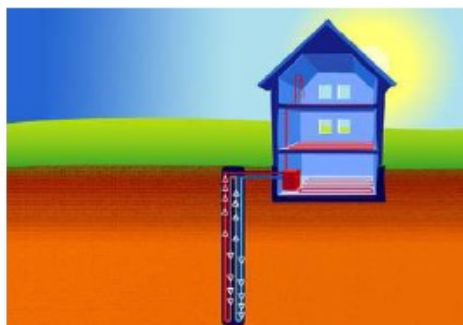
Obr 3.7 tepelné čerpadlo vzduch-voda [<http://www.agt.sk/cerpadla1.html>]



### **Tepelné čerpadlo země-voda**

Teplo obsažené v zemi - tzv. geotermální teplo se využívá nepřímo. Získává se ve výměníku tepla - zemním kolektoru, a převádí se cirkulačním okruhem do výparníku tepelného čerpadla pomocí teplotonosné kapaliny. Cirkulaci teplotonosné kapaliny zajišťuje oběhové čerpadlo. Cirkulující kapalina se ve výparníku tepelného čerpadla ochlazuje a v zemním kolektoru se znovu ohřívá geotermálním teplem viz. obr. 3.8.

Obr. 3.8 tepelné čerpadlo země-voda [<http://www.agt.sk/cerpadla1.html>]



### **Tepelné čerpadlo voda-voda**

Teplo z podzemní vody se získává tak, že voda je čerpána z čerpací studny do výparníku tepelného čerpadla. V něm se ochladí a ochlazená je vrácena do druhé, vsakovací studny. viz obr. 3.9



### **Z půdy**

Teplo se odebírá z půdy pomocí horizontálních kolektorů – sběračů z plastových trubek, v nichž cirkuluje solanka – či jiná ekologicky nezávadná nemrznoucí kapalina. Trubky se umísťují do hloubky 1,2 - 1,6m pod povrchem země, v nezámrazné hloubce, ve vzdálenosti 0,6 - 1 m od sebe. Velikost plochy kolektorů by měla být asi 2,5 až 3 x větší než vytápěná plocha. Z 1 m<sup>2</sup> je možné získat 10 – 35 W energie. Množství získaného tepla závisí na velikosti plochy kolektorů, na horninovém prostředí, atd.

Existují rovněž tepelná čerpadla s tzv. "přímým odpařováním", která jsou opatřena měděnými kolektory a naplněna ekologickým chladivem. Nároky na pokládku kolektorů jsou výrazně nižší než u předchozího typu.

### **Hlubinné vrty**

Teplo se získává pomocí suchých nebo vodních vrtů 120 - 150 m hlubokých. Okolní prostředí je ochlazováno zapaštěným výměníkem z plastových trubek. Vrty se umísťují nejméně 10 m od sebe. Množství odebraného tepla závisí na geologických podmínkách – složení hornin, hloubce vrtu, složení pracovní látky – solanky, atd. Běžně se počítá s měrným výkonem jímání 55W/m.

### **Ze dvou studní**

Z jedné studny je čerpána voda, která je zdrojem tepla. Po předání tepla se ochlazená voda vypouští do vratné (vsakovací) studny. Hloubka studní je závislá na hladině spodní vody, doporučuje se hloubka cca 10 m. Pokud jsou studny ve svažitém terénu studna vsakovací má být výše než vsakovací a vzdálenost mezi studnami by měla být nejméně 15 m.

Podmínkou pro použití jsou geologicky vhodné podmínky - dostatečný a stabilní průtok vody a její kvalita - chemické složení. Spodní voda je dobrým zdrojem tepla, protože si během roku (i v zimních měsících) zachovává poměrně stálou teplotu.

### **Geotermální prameny**

Využívá se pramenů teplé podzemní vody. Tato voda má během roku stálou teplotu a má dosti velký tepelný výkon.

### **Rozdělení tepelných čerpadel**

Nejčastěji se tepelná čerpadla rozdělují podle druhu ochlazovaného/ohřívaného média:

- země / voda,
- voda / voda,
- vzduch / voda,
- vzduch / vzduch

### **Výhody tepelných čerpadel**

- nenáročná obsluha
- nízká provozní hlučnost
- nezávislost na cenách energií
- ekonomické a ekologické vytápění
- výhodná dvou tarifní dodávka elektřiny

### **Nevýhody tepelných čerpadel**

- potřeba elektrické energie
- nutné úpravy před instalací (zateplení, úprava topné soustavy – vhodná jsou velkoplošná otopná tělesa, podlahové či stěnové vytápění)
- návratnost finančních prostředků je závislá na druhu a kapacitě tepelného zdroje
- vyšší pořizovací náklady [ 6 ]

## 4 Výpočty tepelné bilance venkovního bazénu a následný návrh zařízení

Pro možnost posouzení jednotlivých variant je nutno stanovit ztráty venkovního bazénu a náklady na provoz jednotlivých volených součástí.

V této části jsem již prakticky počítal tepelné ztráty venkovního bazénu o níže uvedených rozměrech. Uvažoval jsem koupací sezonu ve venkovním bazénu od měsíce května do září.

### 4.1 Potřeby tepla pro ohřev vody venkovního bazénu

#### Parametry bazénu:

Použitý bazén, je venkovní oválný a zapuštěný do země.

Rozměry venkovního bazénu: 7 x 3,5 x 1,5 m (d x š x v)

-plocha hladiny : 20,14 m<sup>2</sup>

- objem vody v bazénu 31 m<sup>3</sup>

Požadovaná teplota vody v bazénu v jednotlivých provozních měsících:

-květen: 22°C

-červen, červenec, srpen : 24°C

-září: 22°C

Teplo potřebné pro ohřívání přiváděné čisté vody by se nejvíce mělo získávat z odváděné teplé vody (jde o využití odpadního tepla). Výjimečně je možno tuto položku ve spotřebě tepla snížit téměř na nulu. Tepelná ztráta prostupem stěnami bazénu pod úrovní vodní hladiny ( jde o prostup tepla do okolní zeminy) je dosti malá a o proti tepelné ztrátě přestupem z vodní hladiny ji lze většinou zanedbat ( jedná se o hodnotu 5% až 10% z celkové tepelné ztráty). Tepelná ztráta přestupem z vodní hladiny, na niž připadá ve spotřebě tepla pro ohřívání vody v bazénu významný podíl, počítá se ze vztahu:

$$Q_{ztr} = \alpha_{celk} \cdot S \cdot (t_w - t_v) \text{ [W]} \quad (1)$$

Kde  $\alpha_{celk}$  [W/(m<sup>2</sup>K)] celkový součinitel přestupu tepla z vodní hladiny;

S [m<sup>2</sup>] plocha vodní hladiny;

$t_w$  [°C] teplota vody v bazénu;

$t_v$  [°C] střední teplota okolního vzduchu

### 4.2 Spotřeba tepla za měsíce je daná vztahem:

$$Q_{spotř} = h. n. Q_{ztr} \cdot 10^{-3} \text{ [kW.h]} \quad (2)$$

Kde  $h$  počet hodin při zakrytém (nezakrytém) bazénu v průběhu jednoho dne  
 $n$  počet dnů v měsíci;  
 $Q_{ztr}$  tepelné ztráty přestupem z vodní hladiny

Přestup tepla z vodní hladiny se skládá z přestupu tepla sáláním, prouděním (konvekci) a vypařováním vody. Celkový součinitel přestupu tepla je tedy:

$$\alpha_{celk} = \alpha_s + \alpha_k + \alpha_{vyp} \text{ [W/(m}^2\text{K)]} \quad (3)$$

kde  $\alpha_s$  [W/(m<sup>2</sup>K)] součinitel přestupu tepla sáláním (volí se  $\alpha_s = 5$  W/(m<sup>2</sup>K));  
 $\alpha_k$  [W/(m<sup>2</sup>K)] součinitel přestupu tepla konvekci (volí se  $\alpha_k = 10$  až  $15$  )  
[W/(m<sup>2</sup>K)] pro bazény na volném prostranství a  $\alpha_k = 5$  až  $8$  W/m<sup>2</sup>K pro  
bazény v krytých halách );  
 $\alpha_{vyp}$  [W/(m<sup>2</sup>K)] součinitel přestupu tepla při vypařování vody na hladině.

Součinitel přestupu tepla při vypařování vody  $\alpha_{vyp}$  závisí na součiniteli přestupu tepla konvekci  $\alpha_k$  a lze ho počítat ze vztahu:

$$\alpha_{vyp} = \frac{\alpha_k}{c} \cdot \frac{x''_w - x_v}{t_w - t_v} \cdot r \text{ [ W/(m}^2\text{ K)]} \quad (4)$$

$$\alpha_{vyp} = \frac{10}{1010} \cdot \frac{17,22 - 5,44}{22 - 11,9} \cdot 2,4 \cdot 10^3 = 27,7 \text{ W/(m}^2\text{ K)}$$

kde  $c$  [J/(kg.K)] měrná tepelná kapacita vzduchu ( $c = 1010$  J/kg.K);  
 $x_w''$  [kg/kg.s.v.] měrná vlhkost nasyceného vzduchu při teplotě  $t_w$ ;  
 $x_v$  [kg/kg.s.v.] měrná vlhkost okolního vzduchu při teplotě  $t_v$  a relativní  
vlhkosti  $\varphi$ ;  
 $r$  [J/kg] výparné teplo vody ( $r = 2,4 \cdot 10^6$  J/kg)

Tepelnou ztrátu přestupem z vodní hladiny lze zmenšit tím , že se v době provozní přestávky (např. v noci) zakryje hladina vody vhodným nenasákavým a neprodyšným

povlakem (např. fóliemi z plastů nesenými plováky). Tím se zmenší přestup tepla vypařováním téměř až na nulu a také se částečně zmenší přestup tepla sáláním a konvekcí. Od spotřeby tepla na úhradu tepelné ztráty přestupem z vodní hladiny je možno u nezakrytých bazénů, na něž svítí slunce, odečíst teplo získané absorpcí slunečního záření.

#### 4.3 Výpočet s nočním zakrýváním bazénu

Nejdříve vypočteme součinitel přestupu tepla vypařováním z vodní hladiny  $\alpha_{vyp}$  podle vztahu (4) přičemž volím součinitel přestupu tepla konvekcí  $\alpha_k = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Vypočtené hodnoty jsou uvedeny níže (Tab. 4.1) .

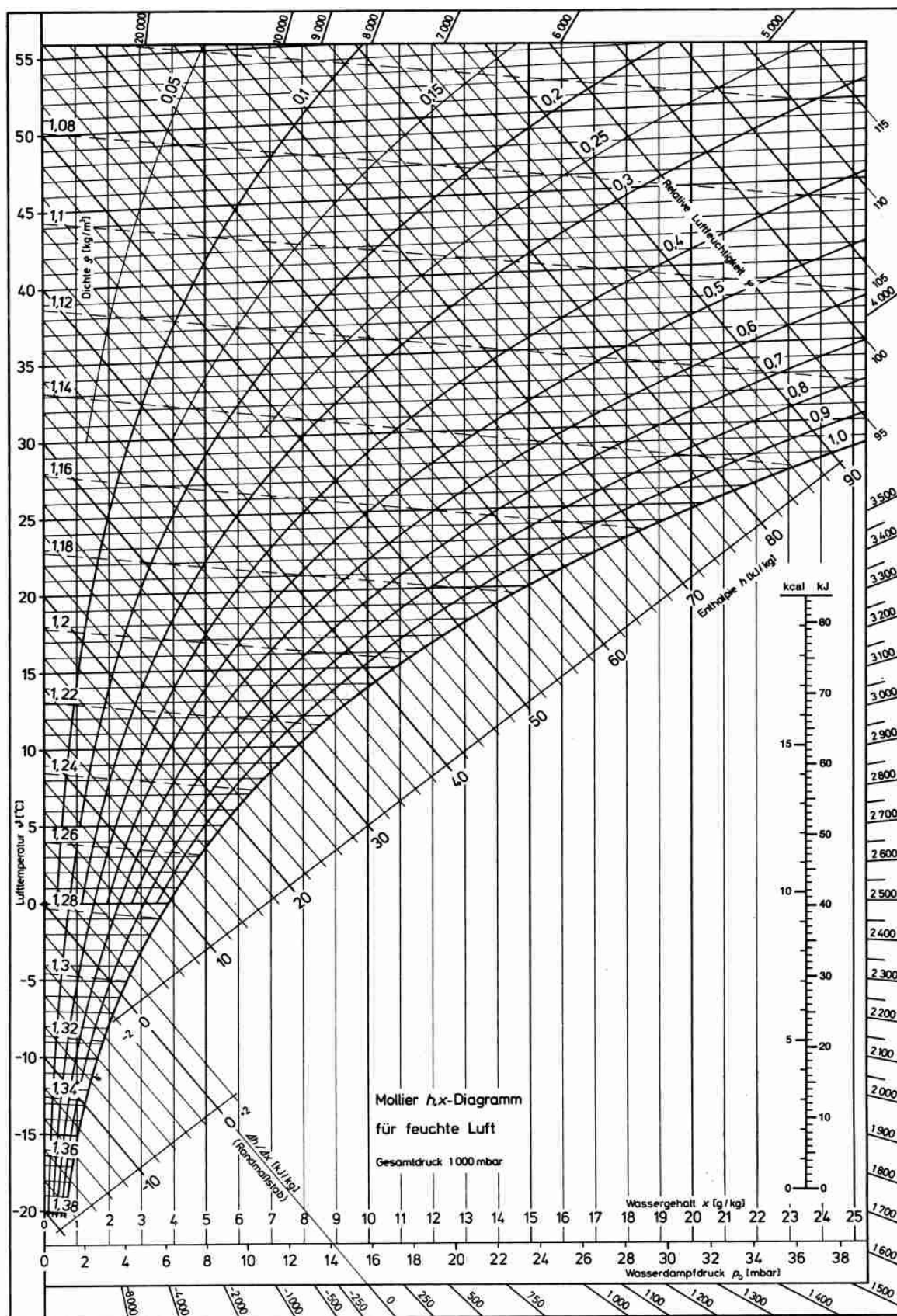
Tabulka 4.1. součinitel přestupu tepla vypařováním z vodní hladiny

Měsíc	$t_w$ [°C]	$t_v$ [°C]	$\varphi$ [-]	$t_w - t_v$ [°C]	$x''_w \cdot 10^3$ [kg/kg.s.v.]	$x_v \cdot 10^3$ [kg/kg.s.v.]	$(x''_w - x_v) \cdot 10^3$ [kg/kg.s.v.]	$\alpha_{vyp}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
Květen	22	11,9	0,62	10,1	17,22	5,44	11,78	27,71
Červen	24	15	0,62	9	19,51	6,86	12,65	33,4
Červenec	24	16,3	0,61	7,7	19,51	7,47	12,04	37,16
Srpen	24	15,9	0,66	8,1	19,51	7,96	11,55	33,88
Září	22	12,5	0,68	9,5	17,55	6,03	11,52	28,82

Kde	$t$ [°C]	Teplota vody v bazénu ( volí se požadovaná teplota )
-	$t_v$ [°C]	Střední měsíční teplota vzduchu
	$\varphi$ [-]	Relativní vlhkost vzduchu ( měsíční průměr );
	$x_w''$ [kg/kg.s.v.]	Měrná vlhkost nasyceného vzduchu při teplotě $t_w$ ;
	$x_v$ [kg/kg.s.v.]	Hodnoty byly odečteny obr. 4.1



Obr. 4.1 – Mollierův diagram je stavovým diagramem ukazujícím vzájemnou závislost vlhkosti vzduchu a teploty při izobarických dějích. Diagram je pojmenován po Richardu Mollierovi [[http://www.energieundinnovation.de/anwendungen\\_trocknung.html](http://www.energieundinnovation.de/anwendungen_trocknung.html)]



Potom se ze vztahu (5) vypočítá tepelná ztráta přestupem z vodní hladiny  $\alpha_{celk}$ , přičemž volíme součinitel přestupu tepla konvekcí  $\alpha_k = 10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  a součinitel přestupu tepla sáláním  $\alpha_s = 5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  ( pro plochu vodní hladiny  $20,14 \text{ m}^2$ ) a potřeba tepla pro úhradu této ztráty za měsíc.

Přitom se rozlišuje přestup tepla z nezakryté vodní hladiny v době užívání bazénu (od 8 do 20h) a přestup tepla se zakrytou vodní hladinou v noční době (od 20 do 8h), kdy se bazén nevyužívá. Proto zde rozlišujeme teplotu okolního vzduchu  $t_v$ . V době nezakrytého bazénu se počítá s průměrnou teplotou v době slunečního svitu, v době noční přestávky kdy je bazén zakrytý počítáme s nižší teplotou. [ 1 ]

Tepelná ztráta přestupem tepla z vodní hladiny a spotřeba tepla k úhradě této ztráty

Nezakrytá vodní hladina v době od 8 do 20 h

$$\alpha_{celk} = \alpha_s + \alpha_k + \alpha_{vyp} \text{ [ W/(m}^2\text{ K)}] \quad (5)$$

$$\alpha_{celk} = 10+5+27,7=42,7 \text{ W/(m}^2\text{ K)}$$

$$Q_{ztr \text{ den}} = \alpha_{celk} \cdot S \cdot (t_w - t_v) \text{ [W]} \quad (6)$$

$$Q_{ztr \text{ den}} = 42,7 \cdot 20,14 \cdot (22-18) = 3440 \text{ W}$$

$$Q_{spotř. \text{ den}} = h.n. \cdot Q_{ztr. \text{ den}} \cdot 10^{-3} \text{ [ kWh]} \quad (7)$$

$$Q_{spotř. \text{ den}} = 12.31. 3440 = 1280 \text{ kWh}$$

Zakrytá vodní hladina v době od 20 do 8 h

$$\alpha_{celk} = \alpha_k + \alpha_s \text{ [ W/(m}^2\text{-K)}] \quad (8)$$

$$\alpha_{celk} = \alpha_k + \alpha_s = 10+5=15 \text{ W/(m}^2\text{ K)}$$

$$Q_{ztr \text{ noc}} = \alpha_{celk} \cdot S \cdot (t_w - t_v) \text{ [ kWh]} \quad (9)$$

$$Q_{ztr \text{ noc}} = 15 \cdot 20,14 \cdot (22-7) = 4532 \text{ W}$$

$$Q_{spotř. \text{ noc}} = h.n. \cdot Q_{spotř. \text{ noc}} \cdot 10^{-3} \text{ [ kWh]} \quad (10)$$

$$Q_{spotř. \text{ noc}} = 12 \cdot 31. 4532 = 1686 \text{ kW}$$

Tabulka 4.2 - Výpočet tepelné ztráty z vodní hladiny a spotřeba tepla k úhradě této ztráty ve dne

měsíc	$t_w$ [°C]	$t_v$ [°C]	$t_w - t_v$ [°C]	$\alpha_{celk}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	$Q_{ztr}$ [W]	n [dnů]	spotřeba tepla za měsíc $Q_{spotř\ den}$ [kWh]
							$Q_{spotř.den.} = 12 \cdot n \cdot Q_{ztr} \cdot 10^{-3}$
Květen	22	18	4	42,7	3440	31	1280
Červen	24	22	2	48,4	1950	30	702
Červenec	24	24	0	52,14	1050	31	391
Srpen	24	24	0	48,88	984	31	366
Září	22	19	3	43,82	2648	30	953

Tabulka 4.3 Výpočet tepelné ztráty z vodní hladiny a spotřeba tepla k úhradě této ztráty v noci

měsíc	$t_w$ [°C]	$t_v$ [°C]	$t_w - t_v$ [°C]	$\alpha_{celk}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	$Q_{ztr}$ [W]	n [dnů]	spotřeba tepla za měsíc $Q_{spotř\ noc}$ [kWh]
							$Q_{spotř.noc.} = 12 \cdot n \cdot Q_{ztr} \cdot 10^{-3}$
Květen	22	7	15	15	4532	31	1686
Červen	24	11	13	15	3927	30	1414
Červenec	24	13	11	15	3323	31	1236
Srpen	24	19	12	15	3625	31	1349
Září	22	9	13	15	3927	30	1414

Pozn.: Platí pro celou hladinu bazénu 20,14 m<sup>2</sup> při dodržení uvedené doby zakryté a nezakryté hladiny plochy bazénu. Pro noc je  $t_v$  průměrná noční teplota vzduchu  $t_{v-noc}$  [ <http://portal.chmi.cz/portal> ]  
pro den je teplota vzduchu v době slunečního svitu  $t_{v,den}$  [ <http://portal.chmi.cz/portal> ]

Dále se vypočítá teplo získané absorpcí slunečního záření na vodní hladině  $Q_{abs}$ . Vodní hladina zde představuje vodorovný sběrač energie ( $\alpha = 0^\circ$ ). Výpočet energie zachycené oslněnou vodní hladinou je obdobný jako u normálních kolektorů. Počítá se však se stálou účinností  $\eta_A = 0,85$  (předpokládá se, že vodní hladina odráží 15 % záření zpět do prostoru), neboť tepelné ztráty přestupem do okolí jsou již zahrnuty v tepelné ztrátě přestupem z vodní hladiny. Dále se předpokládá, že zde zachytí vodní hladina i difúzní záření při zatažené obloze.

Tepelná energie získaná absorpcí na vodní hladině za měsíc

$$Q_{abs.mes} = \eta_A \cdot Q_{S.mes} \cdot S \text{ [kWh]} \quad (11)$$

$$Q_{abs.mes} = 0,85 \cdot 152,8 \cdot 20,14 = 2617 \text{ kWh}$$

kde  $\eta_A$  [-] účinnost pohlcování energie ze slunečního záření vodní hladinou,  $\eta_A = 85\%$  (předpokládá se, že vodní hladina odráží 15 % záření zpět do okolí)

$Q_{S.mes}$  [kWh/m<sup>2</sup>] průměrná energie dopadající na vodorovnou plochu za měsíc

$S$  [m<sup>2</sup>] vodní plocha bazénu

Tabulka 4.4 – Teplo získané absorpcí slunečního záření na vodní hladině

měsíc	$\eta_A$ [-]	$Q_{S.mes}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	$Q_{S.mes \text{ vyp}}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	$Q_{abs,mes}$ [kWh]
Květen	0,85	152,8	129,9	2617
Červen	0,85	167,7	142,5	2870
Červenec	0,85	161,8	137,5	2769
Srpen	0,85	131,8	112	2256
Září	0,85	92,1	78,3	1577
Celkem				12089

Výsledná spotřeba tepla bazénem pro jednotlivé měsíce:

$$Q_{potř} = (Q_{spotř.den} + Q_{spotř.noc.}) - Q_{abs,mes} \text{ [kWh]} \quad (12)$$

Květen	$(1280 + 1686) - 2617 = 349$	[kWh]
Červen	$(702 + 1414) - 2870 = -754$	[kWh]
Červenec	$(391 + 1236) - 2769 = -1142$	[kWh]
Srpen	$(366 + 1349) - 2256 = -541$	[kWh]
Září	$(953 + 1414) - 1577 = 790$	[kWh]

Z výše uvedeného vyplývá, že nedostatek energie je jen v okrajovém a koncovém měsíci uvažované koupací sezóny, který je nutno nahradit již dříve zmiňovanými a přípustnými

druhy OZE (solární kolektory, tepelná čerpadla ), zatím co ostatní měsíce (červen, červenec, srpen), mají přebytek energie zachycené osluněnou vodní hladinou.

#### 4.4 Výpočet a návrh OZE pro dvě uvažované varianty

Jak jsem již zmínil výše, budu uvažovat využití bazénového solárního kolektoru a bazénového tepelného čerpadla.

#### Výpočet solárního kolektoru ( bazénový kolektor ) pro měsíce květen a září

Pro ohřev bazénu jsem zvolil bazénové kolektory RothHelio Pool

Tabulka 4.5 – účinnost kolektorů a energie zachycená kolektory v okrajových měsících

Měsíc	$t_A$ (°C)	$t_v$ (°C)	$t_A - t_v$ (°C)	$I_{stř} (=q_s)$ (W.m <sup>-2</sup> )	$\eta_A$	$Q_{s \text{ den.teor}}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]	$\tau$	$Q_{Aměs.}$ [kWh/m <sup>2</sup> ]
Květen	35	16,6	18,4	609	0,67	9,56	0,51	101,3
Září	35	19,4	15,6	537	0,68	6,44	0,53	69,6

$t_A$	střední teplota absorpční plochy (tekutiny proudící absorbérem), volím 35°C
$t_v$	teplota v době slunečního svitu [C°]
$I_{stř}$	střední intenzita slunečního záření během dne, kde se vychází z dlouhodobých klimatických údajů
$\eta_A$	účinnost kolektoru v daném období
$Q_{s \text{ den.teor}}$	teoreticky možná dopadající energie [kWh/m <sup>2</sup> ] tabulka 2.9.
$\tau$	poměrná doba slunečního svitu tab č.7
$Q_{Aměs.}$	průměrná energie dopadající za měsíc při úhlu sklonu oslunění plochy [kWh/m <sup>2</sup> ]

Dále bylo nutné zjistit množství dopadající energie

Tabulka 4.6 - Poměrná doba slunečního svitu pro některá místa v ČR  
[CIHELKA, J.: *Solární tepelná technika*, 1.vyd., Nakladatelství T. Malina, Praha, 1994, 208s., ISBN 80-900759-5-9 str.15]

Měsíc	Poměrná doba slunečního svitu $\tau = \tau_{\text{skut}}/\tau_{\text{teor}}$			
	Praha	České Budějovice	Hradec Králové	Brno
I.	0,21	0,18	0,18	0,18
II.	0,32	0,29	0,27	0,31
III.	0,42	0,37	0,4	0,38
IV.	0,45	0,39	0,44	0,39
V.	0,51	0,43	0,5	0,48
VI.	0,54	0,46	0,51	0,53
VII.	0,55	0,49	0,52	0,56
VIII.	0,55	0,51	0,54	0,53
IX.	0,53	0,48	0,52	0,50
X.	0,37	0,34	0,37	0,37
XI.	0,21	0,22	0,19	0,23
XII.	0,14	0,15	0,17	0,12

Plocha kolektoru

$$S_A = \frac{Q_{\text{potř}}}{Q_{A \text{ měs}}} [\text{m}^2] \quad (13)$$

**Pro květen**

$$S_A = \frac{Q_{\text{potř}}}{Q_{A \text{ měs}}} = \frac{349}{101,3} = 3,44 \text{ m}^2$$

**Pro září**

$$S_A = \frac{Q_{\text{potř.}}}{Q_{A \text{ měs.}}} = \frac{790}{69,6} = 11,3 \text{ m}^2$$

**Průměr**

$$\frac{3,44 + 11,3}{2} = 7,37 \text{ m}^2$$

$$\text{Květen : } S_A = \frac{Q_{\text{spotř.}}}{Q_{A \text{ měs.}}} = \frac{349}{101,3} = 3,44 \text{ m}^2$$

$$\text{Září : } S_A = \frac{Q_{\text{spotř.}}}{Q_{A \text{ měs.}}} = \frac{790}{69,6} = 11,3 \text{ m}^2$$

Zvolíme průměrnou zaokrouhlenou plochu  $S_A = 8 \text{ m}^2$  a tímto bude v celém období od května do září dostatečný přebytek energie. Jen v období září, může vzniknout jistý nedostatek, který by mohl mít za následek nedodržení požadované teploty ( $22^\circ\text{C}$ ).

Ochrana vodní hladiny před vypařováním v době noční provozní přestávky je však naprosto nezbytná, neboť jinak by zde byla nutná přibližně trojnásobná plocha kolektoru  $24 \text{ m}^2$  [ 1 ].

## 4.5 Bazénový solární kolektor RothHelio Pool

### Obecná specifikace

- pouze 1 typ absorbéru pro všechny instalační případy, neboť má k dispozici 8 různých výstupů, díky tomu jednoduchá montáž a nízká skladová náročnost,
- optimální plocha absorbéru s velikostí 2,22 m<sup>2</sup> využitelné plochy,
- možná vertikální i horizontální montáž,
- vysoká účinnost,
- plnoplošné protékání, odolné proti mrazu a pochozí,
- vysoce kvalitní materiál absorbéru HDPE s černou barvou,
- malá tlaková ztráta, díky speciální konstrukci absorbéru,
- cenově příznivé řešení pro ohřev vody v bazénu,
- vhodné pro přímé protékání bazénovou vodou,
- kompletní systém včetně upevnění, připojení a regulace,

Pro ohřev venkovního bazénu jsem zvolil bazénový solární kolektor RothHelio Pool o ploše 8,88 m<sup>2</sup>, což jsou 4 kusy absorbéru zapojených horizontálně. Solární kolektory napojíme přímo do okruhu filtračního zařízení jako otevřený okruhový oběh, tudíž budou kolektory vždy v provozu, jen když je v činnosti filtrační zařízení (tím pádem v námi uvažované době od 8 hod. do 20 hod.). Tento okruh s napojením přímo na filtrační zařízení si můžeme dovolit jen díky minimálnímu výškovému rozdílu. [16]

Obr. 4.2 – bazénový solární kolektor RothHelio Pool

[[http://www.roth-uk.com/files/SOL\\_Heliopool\\_Brochure.pdf](http://www.roth-uk.com/files/SOL_Heliopool_Brochure.pdf)]





## Technická specifikace solárního kolektoru RothHelio Pool

Délka	2 000 mm
Šířka	1 100 mm
Výška	15 mm
Hrubá plocha	2,22 m <sup>2</sup>
Hmotnost	14 kg
Obsah	16 l
Připojení	8, z toho 4 ks s průměrem 40 mm a 4 ks s průměrem 25 mm. Jejich využití dle propojení
Max. tlak	3 bar
Materiál	HDPE (černý)
Max.počet kolektorů v horizontálním spojení	8
Max.počet kolektorů ve vertikálním spojení	4
Udávaná životnost	7 let

#### 4.6 Tepelné čerpadlo

Jeho poloha musí zaručovat hladký odtah vzduchu (umístění vstupu vzduchu je patrné ze schématu na další straně). Tepelné čerpadlo musíme umístit poblíž kanálu nebo větracího otvoru, aby se usnadnilo vypouštění vody. Instalační základ nebo konzola musí mít dostatečnou pevnost, aby byl zajištěn hladký provoz zařízení. Dále je nutné zajistit, aby zařízení bylo po instalaci ve svislé poloze bez jakéhokoli náklonu. [17]

Návrh tepelného čerpadla

květen  $Q_{potř} = 349 \text{ kWh}$

Září  $Q_{potř} = 790 \text{ kWh}$

Z důvodu největší potřeby tepelného výkonu v měsíci září ( $Q_{potř} = 790 \text{ kWh}$ ) je nutné zvolit bazénové tepelné čerpadlo o adekvátním výkonu.

Zvolil jsem tedy bazénové čerpadlo o příkonu 1,9 kW značky BRILIX THP 100

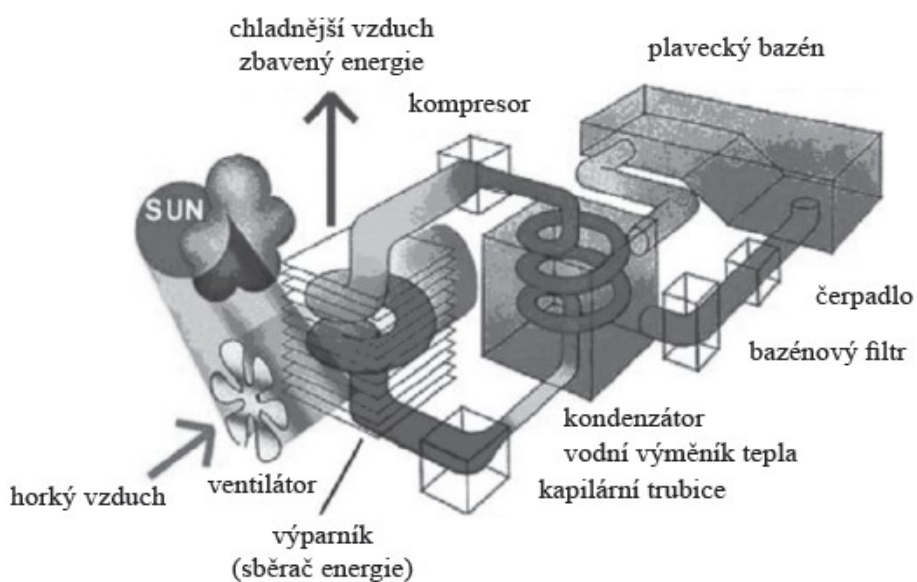
Obr. 4.3 – bazénové čerpadlo BRILIX THP 100 [<http://www.faraheitservis.cz>]



## Technická specifikace

Jmenovitý tepelný výkon při 15°C	9 900 W
COP (účinnost)	5,1
Tepelný příkon	1 940 W
Provozní proud	9,6 A
Hluk	55 dB
Průtok vody	4-6 m <sup>3</sup> /hod.
Chladivo	R407C
Rozměry	1090 x 370 x 615 mm
Hmotnost	62 kg
Udávaná životnost	8 let

Obr. 4.4 – schéma systému [<http://www.faraheitservis.cz>]



## 5 Srovnání návrhů z ekonomického a environmentálního hlediska

Cena systému solárních kolektorů RothHelio Pool včetně montáže je:

4 x solární kolektor RothHelio Pool	22 000,- Kč
Spojovací materiál s montáží do 5 m	4 000,- Kč
<u>Konstrukce pod solární kolektory</u>	<u>6 000,- Kč</u>
<b>Celkem bez DPH</b>	<b>32 000,- Kč</b>

U solárního kolektoru musíme uvažovat, že je toto cena konečná, jelikož jsou již náklady na elektrickou energii spojeny s náklady na provoz filtračního zařízení.

Cena systému bazénového tepelného čerpadla BRILIX THP 100

Teplené čerpadlo BRILIX THP 100	22 000,- Kč
Spojovací materiál s montáží do 5 m	4 000,- Kč
<u>Konstrukce pod tepelné čerpadlo</u>	<u>1 000,- Kč</u>
<b>Celkem bez DPH</b>	<b>27 000,- Kč</b>

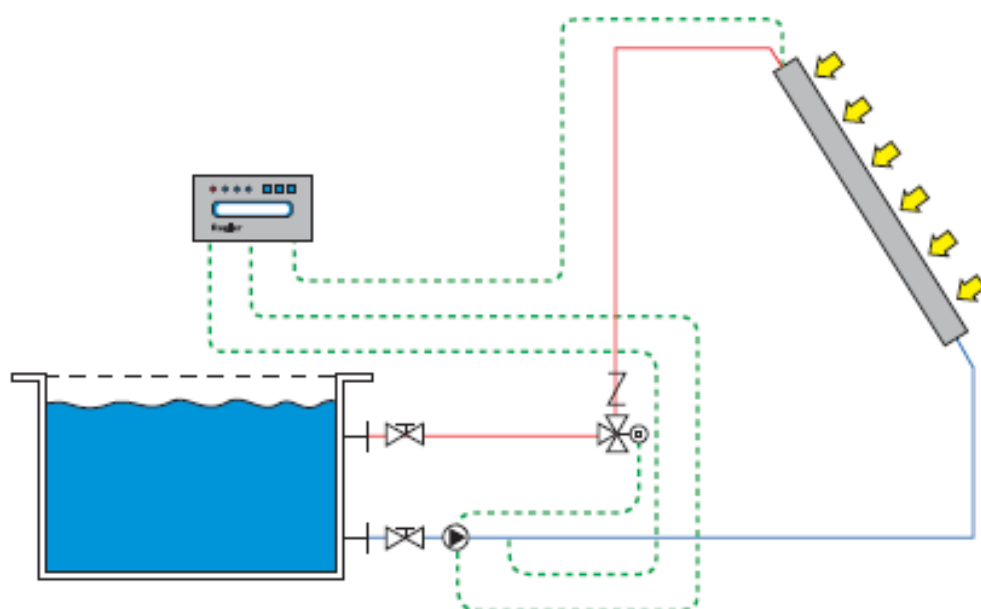
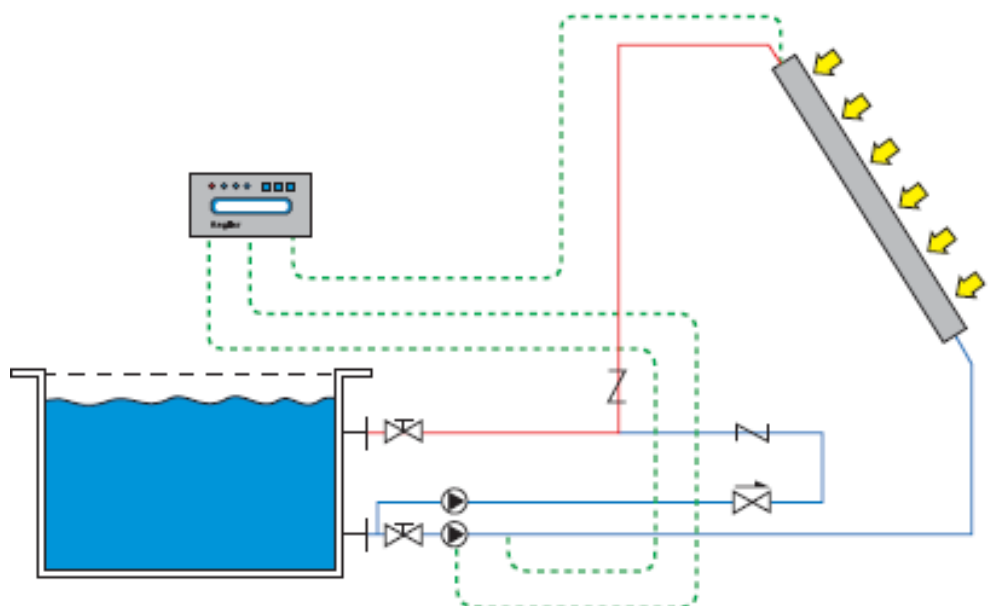
U tepelného čerpadla se náklady navýší o jeho potřebný provoz.

Z ekologického hlediska je solární energie stoprocentně čistá. Zachycují pouze energii, která by stejně tak, jako tak, na zemi dopadla. Solárním systémem se neprodukuje žádný CO<sub>2</sub>. Na druhou stranu je nutná úvaha, jak bude probíhat ekologická likvidace solárních kolektorů, až bude ukončena jejich životnost, zejména pak s fotovoltaickými elektrárnami, u kterých zatím není také známa životnost.

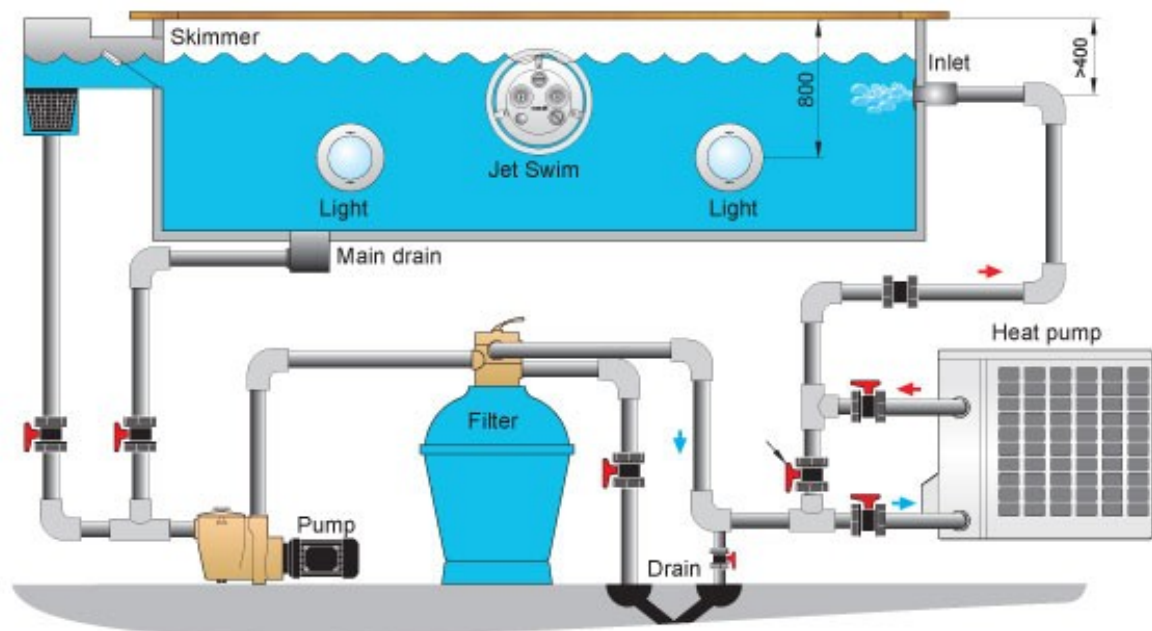
Co se týče tepelných čerpadel, samozřejmě produkují fluorované skleníkové plyny, ovšem toto množství z hlediska celosvětové produkce je téměř zanedbatelné. Evropská unie výrobce a dodavatele těchto skleníkových plynů důkladně kontroluje, dokonce jsou nutné i evidenční knihy těchto zařízení. V bazénových tepelných čerpadlech je max. 3 kg skleníkového plynu. Proto si myslím, že větší úniky skleníkových plynů z bazénových tepelných čerpadel jsou zanedbatelné.

## 6 Schémata zapojení

### 6.1 Schéma zapojení solárního kolektoru



## 6.2 Schéma zapojení bazénového tepelného čerpadla



## 7 Závěr

Provedením výpočtu tepelné bilance daného venkovního bazénu a následným návrhem, jak bazénového solárního kolektoru, tak bazénového tepelného čerpadla, jsem zjistil:

- na bazén o objemu  $31\text{m}^3$  a plochou hladiny  $20,14\text{ m}^2$  je zapotřebí bazénového solárního kolektoru o ploše cca 40% plochy hladiny což je v našem případě  $8,88\text{ m}^2$ . To znamená, že jelikož jsme kvůli nákladům počítali kolektor hned vedle bazénu a přibližně ve stejné výšce poměrně velká plocha hlavně z estetického hlediska a velikosti zahrady.

- dále jsem na bazén o objemu  $31\text{m}^3$  a plochou hladiny  $20,14\text{ m}^2$  navrhl bazénové tepelné čerpadlo o příkonu  $1,9\text{ kW}$  a účinností  $5,1$ , které je svými rozměry a takřka stejnou pořizovací cenou z mého hlediska přijatelnější. Dalším z faktů, který napovídá této volbě je, že bazénové tepelné čerpadlo lze využít i při neslunných dnech. To však prodražuje provoz.

- vzhledem k faktu, že největší tepelné ztráty vznikají odparem, doporučuji zakrývat hladinu, obzvláště v okrajových měsících vždy po ukončení koupacího procesu.

## Seznam použité literatury a internetových odkazů

- [1] CIHELKA, J.: *Solární tepelná technika*, 1.vyd., Nakladatelství T. Malina, Praha, 1994, 208s., ISBN 80-900759-5-9
- [2] Kaminský, J. ; Vrtek, M. *Obnovitelné zdroje energie*. Ostrava : VŠB – TU Ostrava, 1998 . 102 s. ISBN 80-7078-445
- [3] Turner, W., C. *Energy Managment Handbook*. 3. vyd. Lilburn: The Fairmont Press, Inc., 1997. 40 s. ISBN: 0-13-728098-X
- [4] Halahyja, M.; Valášek, J. a kol.. *Solárna energia a jej využitie*. Bratislava: ALFA, 1983.304 s.
- [5] Cenka M. a tým autorů; *Obnovitelné zdroje energie*; ISBN 80-901985-8-9
- [6] Petráš D. a kolektiv; *Nízkoteplotní vytápění a obnovitelné zdroje energie*;
- [7] Dvořák. Z; Klazar L.; Petrák J.; *Tepelná Čerpadla* 04-232-87
- [8] <http://tzb-info.cz> [online]. Dostupné z URL: <<http://www.tzb-info.cz>>
- [9] <http://portal.chmi.cz/portal>
- [10] <http://www.arktis-tepelna-cerpadla.cz>
- [11] <http://www.faraheitservis.cz>
- [12] <http://www.agt.sk/cerpadla1.html>
- [13] <http://www.thermosolar.sk>
- [14] [http://solab.fs.cvut.cz/Podklady/Vykurovanie\\_2008\\_matuska.pdf](http://solab.fs.cvut.cz/Podklady/Vykurovanie_2008_matuska.pdf)
- [15] <http://www.viessmann.cz>
- [16] <http://www.roth-uk.com>



## Seznam použitých symbolů a zkratk

$I_{stf}$		střední intenzita slunečního záření během dne, kde se vychází z dlouhodobých klimatických údajů
$Q_{Aměs.}$	$[W/(m^2K)]$	průměrná energie dopadající za měsíc při úhlu sklonu
$Q_{s\ den.teor}$	$[kWh/m^2]$	teoreticky možná dopadající energie tab. 4.5
$Q_{s\ měs}$	$[kWh/m^2]$	průměrná energie dopadající na vodorovnou plochu za měsíc
$Q_{ztr}$	$[W]$	tepelné ztráty přestupem z vodní hladiny
$S$	$[m^2]$	plocha vodní hladiny
$c$	$[J/(kg.K)]$	měrná tepelná kapacita vzduchu ( $c = 1010\ J/(kg.K)$ )
$h$		počet hodin při zakrytém (nezakrytém) bazénu v průběhu jednoho dne
$I_o$	$[W/m^2]$	sluneční konstanta
$n$		počet dnů v měsíci
$r$	$[J/kg]$	výparné teplo vody ( $r = 2,4 \cdot 10^6\ J/kg$ )
$t_A$	$[°C]$	střední teplota absorpční plochy (tekutiny proudící absorbérem), volím $35°C$
$t_v$	$[°C]$	střední teplota okolního vzduchu
$t_w$	$[°C]$	teplota vody v bazénu
$x_v$	$[kg/kg.s.v.]$	měrná vlhkost okolního vzduchu při teplotě $t_v$ a relativní vlhkosti $\varphi$ ;
$x_w''$	$[kg/kg.s.v.]$	měrná vlhkost nasyceného vzduchu při teplotě $t_w$ ;
$\alpha_{celk}$	$[W/(m^2K)]$	celkový součinitel přestupu tepla z vodní hladiny
$\alpha_k$	$[W/(m^2K)]$	součinitel přestupu tepla
$\alpha_s$	$[W/(m^2K)]$	součinitel přestupu tepla sáláním
$\alpha_{vyp}$	$[W/(m^2K)]$	součinitel přestupu tepla při vypařování vody na hladině
$\eta_A$	$[-]$	účinnost kolektoru v daném období
$\tau$	$[h]$	poměrná doba slunečního svitu tab. 4.6
$\varphi$	$[-]$	relativní vlhkost vzduchu